

Thermally-assisted magnetic memory structures

Publication number: DE102004029060

Publication date: 2005-05-12

Inventor: ANTHONY THOMAS C (US); BHATTACHARYYA
MANJO K (US); WAIMSIEY ROBERT G (US)

Applicant: HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO (US)

Classification:

- international: G11C11/15; G11C11/16; H01L21/8246; H01L27/105;
H01L43/08; G11C11/02; H01L21/70; H01L27/105;
H01L43/08; (IPC1-7): G11C11/14

- European: G11C11/16; H01L43/08

Application number: DE200410029060 20040616

Priority number(s): US20030683326 20031010

Also published as:



US6911685 (B2)



US2005077556 (A1)



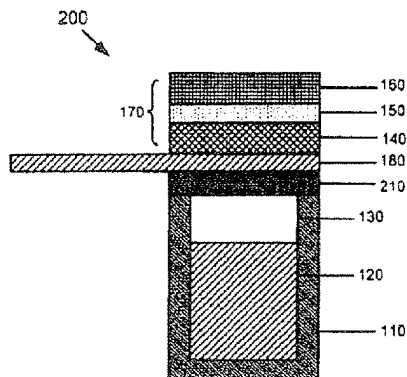
JP2005123611 (A)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE102004029060

Abstract of corresponding document: **US2005077556**

An exemplary thermally-assisted magnetic memory structure comprises a first conductor substantially surrounded by a cladding, a memory cell being thermally isolated from the first conductor by a thermally resistive region, and a second conductor electrically contacting the memory cell.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 029 060 A1** 2005.05.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 029 060.1**

(51) Int Cl.⁷: **G11C 11/14**

(22) Anmeldetag: **16.06.2004**

(43) Offenlegungstag: **12.05.2005**

(30) Unionspriorität:

10/683326 10.10.2003 US

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(71) Anmelder:

Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston, Tex., US

(72) Erfinder:

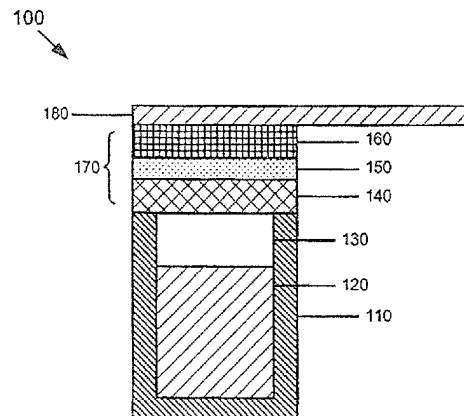
**Anthony, Thomas C., Sunnyvale, Calif., US;
Bhattaoharyya, Manjo K., Cupertino, Calif., US;
Waimsiey, Robert G., Palo Alto, Calif., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Thermetisch gestützte magnetische Speicherstrukturen**

(57) Zusammenfassung: Eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur weist einen ersten Leiter, der im Wesentlichen durch eine Umhüllung umgeben ist, eine Speicherzelle, die thermisch von dem ersten Leiter durch eine Wärmewiderstandsregion isoliert ist, und einen zweiten Leiter, der die Speicherzelle elektrisch kontaktiert, auf.



Beschreibung

[0001] Ein Speicherchip weist im allgemeinen eine Mehrzahl von Speicherzellen auf, die auf einem Siliziumwafer aufgebracht und über ein Array von Spaltenleitungsanschlußleitungen (Bitleitungen) und Zeilenleitungsanschlußleitungen (Wortleitungen) adressierbar sind. Üblicherweise befindet sich eine Speicherzelle an dem Schnittpunkt einer Bitleitung und einer Wortleitung. Die Speicherzellen werden durch spezialisierte Schaltungen gesteuert, die Funktionen, wie z. B. ein Identifizieren von Zeilen und Spalten, von denen Daten gelesen oder in die Daten geschrieben werden sollen, durchführen. Jede Speicherzelle kann Daten in der Form einer „1“ oder einer „0“, was ein Bit Daten darstellt, speichern.

Stand der Technik

[0002] Ein Array magnetischer Speicherzellen kann als ein magnetischer Direktzugriffsspeicher oder MRAM bezeichnet werden. Ein MRAM ist im allgemeinen ein nichtflüchtiger Speicher (d. h. ein Festkörperchip, der Daten behält, wenn eine Leistung abgeschaltet wird). Zumindest ein Typ einer magnetischen Speicherzelle umfaßt eine Datenschicht und eine Referenzschicht, die voneinander durch zumindest eine Zwischenschicht getrennt sind. Die Datenschicht kann auch als eine Bitschicht, eine Speicherungsschicht oder eine Erfassungsschicht bezeichnet werden. In einer magnetischen Speicherzelle kann ein Bit Daten (z. B. eine „1“ oder „0“) durch ein „Schreiben“ in die Datenschicht über eine oder mehrere leitende Anschlußleitungen (z. B. eine Bitleitung und eine Wortleitung) gespeichert werden. Eine typische Datenschicht kann eines oder mehrere ferromagnetische Materialien umfassen. Die Schreiboperation wird üblicherweise über einen Schreibstrom erzielt, der die Ausrichtung des magnetischen Moments in der Datenschicht auf eine vorbestimmte Richtung setzt.

[0003] Sobald es geschrieben wurde, kann das gespeicherte Bit an Daten durch ein Bereitstellen eines Lesestroms durch eine oder mehrere leitende Anschlußleitungen (z. B. eine Leseleitung) an die magnetische Speicherzelle gelesen werden. Für jede Speicherzelle sind die Ausrichtungen der magnetischen Momente der Datenschicht und der Referenzschicht entweder parallel (in der gleichen Richtung) oder antiparallel (in unterschiedlichen Richtungen) zueinander. Der Grad an Parallelität beeinflusst den Widerstandswert der Zelle und dieser Widerstandswert kann durch ein Erfassen (z. B. über einen Verstärker) eines Ausgangsstroms oder einer Ausgangsspannung bestimmt werden, der/die durch die Speicherzelle ansprechend auf den Lesestrom erzeugt wird.

[0004] Insbesondere hat, wenn die magnetischen

Momente parallel sind, der basierend auf dem Ausgangsstrom bestimmte Widerstandswert einen ersten relativen Wert (z. B. relativ niedrig). Wenn die magnetischen Momente antiparallel sind, hat der bestimmte Widerstandswert einen zweiten relativen Wert (z. B. relativ hoch). Die relativen Werte der beiden Zustände (d. h. parallel und antiparallel) unterscheiden sich üblicherweise ausreichend, um als unterschiedlich erfaßt zu werden. Eine „1“ oder eine „0“ kann den jeweiligen relativen Widerstandswerten abhängig von einer Entwurfsspezifizierung zugewiesen werden.

[0005] Die Zwischenschicht, die auch als eine Abstandsschicht bezeichnet werden kann, kann ein isolierendes Material (z. B. Dielektrikum), ein nichtmagnetisches leitendes Material und/oder weitere bekannte Materialien aufweisen und ist üblicherweise ausreichend dick, um eine Austauschkopplung zwischen der Daten- und der Referenzschicht zu verhindern. Die verschiedenen leitenden Anschlußleitungen, die zur Adressierung der Speicherzellen (z. B. Bitleitungen, Wortleitungen und Leseleitungen) und zum Bereitstellen von Strömen zum Durchlauf durch die Daten- und die Referenzschicht zum Lesen von Daten von oder Schreiben von Daten in die Speicherzellen verwendet werden, werden durch eine oder mehrere zusätzliche Schichten, leitende Schicht(en) bezeichnet, bereitgestellt.

[0006] Die oben beschriebenen Schichten und ihre jeweiligen Charakteristika sind typisch für magnetische Speicherzellen, die auf Tunneleffekt-Magnetowiderstands- (TMR-) Effekten basieren, die in der Technik bekannt sind. Weitere Kombinationen von Schichten und Charakteristika können ebenso verwendet werden, um magnetische Speicherzellen herzustellen, die auf TMR-Effekten basieren. Siehe z. B. U.S.-Patent Nr. 6,404,674, übertragen an Anthony u. a., das hierin in seiner Gesamtheit zu allen Zwecken durch Bezugnahme aufgenommen ist.

[0007] Noch weitere Konfigurationen magnetischer Speicherzellen basieren auf anderen bekannten physikalischen Effekten (z. B. Effekten eines Riesen-Magnetowiderstands (GMR; GMR = giant magnetoresistance), anisotropen Magnetowiderstands (AMR), kolossalen Magnetowiderstands (CMR) und/oder anderen physikalischen Effekten).

[0008] In der gesamten Anwendung werden verschiedene exemplarische Ausführungsbeispiele in Bezug auf die TMR-Speicherzellen, wie dieselben erstmals oben beschrieben wurden, beschrieben. Fachleute auf diesem Gebiet werden ohne weiteres erkennen, daß die exemplarischen Ausführungsbeispiele gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung auch mit anderen Typen magnetischer Speicherzellen implementiert werden können, die in der Technik bekannt sind (z. B. anderen Typen

von TMR-Speicherzellen, GMR-Speicherzellen, AMR-Speicherzellen, CMR-Speicherzellen, usw.).

[0009] Bei einem herkömmlichen MRAM, wie er oben allgemein beschrieben wurde, ist die magnetische Speicherzelle an dem Schnittpunkt eines Paares orthogonaler Metalleiter (z. B. aus Cu oder Al hergestellt) angeordnet. Bei dieser Anordnung stehen die magnetischen Speicherzellen in einem guten thermischen Kontakt zu den Leitern. Ein derartiger guter thermischer Kontakt hält die Temperatur der magnetischen Speicherzellen niedrig, da in den magnetischen Speicherzellen erzeugte Wärme schnell durch die Leiter dissipiert wird. Wenn man jedoch die Temperatur der magnetischen Speicherzellen erhöhen möchte, wird der gute thermische Kontakt zu einem Nachteil. Dies ist in einem thermisch gestützten MRAM der Fall, bei dem die Temperatur einer ausgewählten magnetischen Speicherzellen während einer Schreiboperation erhöht wird, um ein Umschalten ihrer magnetischen Ausrichtung zu erleichtern.

[0010] So besteht ein Markt für verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen, die einen reduzierten thermischen Kontakt zu den Leitern aufweisen.

Ausführungsbeispiel

[0011] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur, ein Verfahren zum Herstellen einer thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur, ein nichtflüchtiges Speicherarray oder ein Computerprodukt mit verbesserten Charakteristika zu schaffen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch eine Speicherstruktur gemäß Anspruch 1, ein Verfahren gemäß Anspruch 16, ein nichtflüchtiges Speicherarray gemäß Anspruch 28 oder ein Computerprodukt gemäß Anspruch 29 gelöst.

[0013] Eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur weist einen ersten Leiter, der im wesentlichen durch eine Umhüllung umgeben ist, eine Speicherzelle, die thermisch durch eine Wärmewiderstandsregion von dem ersten Leiter isoliert ist, und einen zweiten Leiter, der die Speicherzelle elektrisch kontaktiert, auf. Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen einer thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur weist ein Bilden eines ersten Leiters, der im wesentlichen durch eine Umhüllung umgeben ist, ein Bilden eines zweiten Leiters und ein Bilden einer Speicherzelle, die den zweiten Leiter elektrisch kontaktiert und thermisch durch eine Wärmewiderstandsregion von dem ersten Leiter isoliert ist, auf.

[0014] Weitere Ausführungsbeispiele und Implementierungen sind ebenso unten beschrieben.

[0015] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0016] Fig. 1A einen Aufriß einer exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur;

[0017] Fig. 1B die Draufsicht eines Arrays der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 1A;

[0018] Fig. 2A den Aufriß einer weiteren exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur;

[0019] Fig. 2B die Draufsicht eines Arrays der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 2A;

[0020] Fig. 3A bis Fig. 3K ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 1A;

[0021] Fig. 4A bis Fig. 4L ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der verbesserten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 2A; und

[0022] Fig. 5A bis Fig. 5C ein exemplarisches Verfahren zum Erzeugen einer Wärmewiderstandsregion in den exemplarischen magnetischen Speicherstrukturen.

I. Übersicht

[0023] Exemplarische verbesserte thermisch gestützte magnetische Speicherstrukturen und exemplarische Fertigungsverfahren zum Herstellen der verbesserten thermisch gestützten magnetischen Speicherstrukturen sind hierin beschrieben.

[0024] Abschnitt II beschreibt eine exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur.

[0025] Abschnitt III beschreibt eine weitere exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur.

[0026] Abschnitt IV beschreibt ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Abschnitt II.

[0027] Abschnitt V beschreibt ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Abschnitt III.

[0028] Abschnitt VI beschreibt ein exemplarisches

Verfahren zum Erzeugen einer Wärmewiderstandsregion in den exemplarischen Magnetspeicherstrukturen. Dieses Verfahren kann in Kombination mit Verfahren verwendet werden, die in den Abschnitten IV und V oben beschrieben sind.

II. Eine erste exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur

A. Ein exemplarischer Aufriß der ersten exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur

[0029] Fig. 1A stellt einen Aufriß einer exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur **100** dar. Im allgemeinen kann eine Speicherstruktur als oben festgesteckt (wobei die Referenzschicht auf der Datenschicht ist) oder unten festgesteckt (wobei die Referenzschicht unter der Datenschicht ist) hergestellt sein. Zur Erleichterung einer Erläuterung ist nur die oben festgesteckte Konfiguration in Fig. 1A gezeigt und nur auf diese wird in der Beschreibung verschiedener exemplarischer Ausführungsbeispiele hierin Bezug genommen. Ein Fachmann würde ohne weiteres erkennen, daß weitere Konfigurationen (z. B. unten festgesteckt, usw.) ebenso unter Verwendung der hierin offenbarten exemplarischen Verfahren gemäß einer bestimmten Entwurfsanforderung implementiert werden könnten.

[0030] Die Speicherstruktur **100** umfaßt eine Umhüllung **110**, einen ersten Leiter **120**, eine Wärmewiderstandsregion **130**, eine Datenschicht **140**, eine Abstandsschicht **150**, eine Referenzschicht **160** und einen zweiten Leiter **180**. Zur Erleichterung einer Erläuterung kann die Kombination der Datenschicht **140**, der Abstandsschicht **150** und der Referenzschicht **160** auch als eine Speicherzelle **170** bezeichnet werden.

[0031] In der in Fig. 1A dargestellten exemplarischen Konfiguration sind der erste Leiter **120** und der zweite Leiter **180** orthogonal zueinander und werden kollektiv für sowohl Schreib- als auch Leseoperationen verwendet. Bei einer exemplarischen Implementierung kann der zweite Leiter **180** auch als eine Wärmeleitung verwendet werden, um während einer Schreiboperation Wärme an eine ausgewählte Speicherzelle oder eine Mehrzahl von Speicherzellen zu liefern.

[0032] Weitere in der Technik bekannte Strukturen zum Bereitstellen von Wärme an magnetische Speicherstrukturen während Schreiboperationen können gemäß einer Entwurfsauswahl implementiert werden. Siehe z. B. Konfigurationen, die in dem U.S.-Patent Nr. 6,603,678 B2 mit dem Titel „Thermally-Assisted Switching of Magnetic Memory Elements“ (Thermisch gestütztes Schalten magnetischer Speicherelemente), übertragen an Nickel u. a., das hierin zu al-

len Zwecken durch Bezugnahme aufgenommen ist, offenbart sind.

[0033] Zusätzlich sind auch Speicherstrukturkonfigurationen, die zusätzliche Schichten aufweisen, in der Technik bekannt und können mit verschiedenen Ausführungsbeispielen, die hierin beschrieben werden, gemäß einer bestimmten Entwurfsauswahl implementiert werden. Zum Beispiel kann eine weitere magnetische Speicherstrukturkonfiguration auch eine Keimschicht, eine antiferromagnetische (AFM-) Schicht, eine Schutzabdeckschicht und/oder weitere Schichten umfassen. Die Keimschicht verbessert eine Kristallausrichtung innerhalb der AFM-Schicht. Exemplarische Materialien für eine Keimschicht umfassen Ta, Ru, NiFe, Cu oder Kombinationen dieser Materialien. Die AFM-Schicht verbessert eine magnetische Stabilität in der Referenzschicht **160**. Exemplarische Materialien für eine AFM-Schicht umfassen IrMn, FeMn, NiMn, PtMn und/oder weitere bekannte Materialien. Die Schutzabdeckschicht schützt die Datenschicht **140** vor der Umgebung (z. B. durch ein Reduzieren einer Oxidation der Datenschicht **140**) und kann unter Verwendung jedes in der Technik bekannten geeigneten Materials gebildet sein. Exemplarische Materialien für eine Schutzabdeckschicht umfassen Ta, TaN, Cr, Al, Ti und/oder noch andere Materialien. Zur Erleichterung einer Erläuterung sind diese zusätzlichen Schichten in den Figuren nicht gezeigt.

[0034] Der erste und der zweite Leiter **120**, **180** können aus Cu, Al, AlCu, Ta, W, Au, Ag, Legierungen eines oder mehrerer der obigen und/oder einem oder mehreren weiteren leitenden Materialien und Legierungen hergestellt sein. Der erste und der zweite Leiter **120**, **180** können aus dem gleichen Material oder unterschiedlichen Materialien hergestellt sein. In einer exemplarischen Implementierung ist der zweite Leiter **180** dünner (oder bildet anderweitig eine kleinere Wärmesenke) als der erste Leiter **120**; so resultiert eine geringere Wärmedissipation aus einem Kontakt mit dem zweiten Leiter **180**. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung ist der zweite Leiter **180** unter Umständen nicht dünner als der erste Leiter **120**, kann jedoch eines oder mehrere Materialien aufweisen, die einen geringeren Wärmeleitwert als das oder die Materialien des ersten Leiters **120** aufweisen; so resultiert eine geringere Wärmedissipation aus einem Kontakt mit dem zweiten Leiter **180**. Selbst so könnten die verschiedenen Wärmeisolationsausführungsbeispiele, die hierin erläutert sind, abhängig von einer Entwurfsauswahl trotzdem auf den zweiten Leiter **180** oder nochmals andere Leiter nahe der Speicherzelle **170** angewendet werden.

[0035] Die Umhüllung **110** kann eines oder mehrere Materialien aufweisen, die konfiguriert sind, um einen geringen Wärmeleitwert und elektrischen Kontakt

zwischen der Speicherzelle **170** und dem ersten Leiter **120** bereitzustellen. Ein geringer Wärmeleitwert kann durch ein Reduzieren der Querschnittsfläche des Abschnitts der Umhüllung **110**, der elektrisch den Leiter **120** und die Speicherzelle **170** verbindet, erzielt werden. Eine Auswahl eines oder mehrerer Materialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit für die Umhüllung **110** kann auch den Wärmeleitwert reduzieren. Die Umhüllung **110** kann z. B. amorphe Metalle, dotierte Halbleiter und/oder ferromagnetische Materialien oder Legierungen aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel könnten ferromagnetische Materialien, die für die Umhüllung **110** geeignet sind, ohne Einschränkung NiFe, NiFeCo, CoFe, CrO₂, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb und CoFeB) und weitere Materialien umfassen.

[0036] In einer exemplarischen Implementierung umgibt die Umhüllung **110** im wesentlichen den ersten Leiter **120** und stellt einen elektrischen Kontakt zu der Speicherzelle **170** her, um ein Umschalten von Magnetfeldern während Schreiboperationen bereitzustellen. Bei einer exemplarischen Implementierung umgibt die Umhüllung **110** im wesentlichen drei Seiten des ersten Leiters **120**. Die Umhüllung **110** (wenn sie z. B. aus einem oder mehreren ferromagnetischen Materialien hergestellt ist) kann auch als ein Flußpfad wirken. Wenn die Umhüllung **110** als ein Flußpfad wirkt, sollte sie ausreichend dick sein, um während Schreiboperationen nicht in Sättigung zu gehen. Gleichzeitig sollte die Umhüllung **110** ausreichend dünn sein, um eine Wärmedissipation aus der Speicherzelle **170** zu minimieren. Bei einer exemplarischen Implementierung ist die Querschnittsfläche des Kontakts zwischen der Umhüllung **110** und der Speicherzelle **170** in der Größenordnung von 20 % oder weniger der Oberflächenfläche einer Schicht der Speicherzelle **170**. Die Speicherzelle **170** muß keinen elektrischen Kontakt zu allen Seiten der Umhüllung **110** herstellen. Die Speicherzelle **170** kann z. B. auch einen Kontakt mit nur einer Seite der Umhüllung **110** herstellen.

[0037] Die Wärmewiderstandsregion **130** kann einen oder mehrere Isolatoren, Luft oder ein Vakuum enthalten. Eine Wärmewiderstandsregion **130** liefert im allgemeinen einen Wärmewiderstandspfad zwischen dem ersten Leiter **120** und der Speicherzelle **170**. Als ein Ergebnis wird, wenn Wärmeenergie während einer Schreiboperation an die Speicherzelle **170** geliefert wird (z. B. durch einen Spannungspuls, der an die ausgewählte Speicherzelle geliefert wird), die Wärmeenergie innerhalb des Speicherzellvolumens behalten und sie hebt die Temperatur der Speicherzelle wesentlich an und wird nicht vorzeitig durch den ersten Leiter **120** dissipiert. Ein Erhöhen der Temperatur der Speicherzelle und insbesondere der Datenschicht **140** innerhalb der Speicherzelle reduziert die Koerzitivität der Datenschicht, wodurch ein

Schreiben von Daten in die Speicherzelle erleichtert wird. Die Wärmewiderstandsregion **130** sollte so breit wie möglich sein, um den Wärmeleitfähigkeitspfad zwischen dem ersten Leiter **120** und der Speicherzelle **170** zu minimieren. Bei einer exemplarischen Implementierung, bei der die Wärmewiderstandsregion **130** einen Isolator aufweist, sollte die Tiefe der Region **130** ausreichend groß sein, um eine Wärme Kommunikation zwischen dem ersten Leiter **120** und der Speicherzelle **170** zu reduzieren. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung, bei der die Wärmewiderstandsregion **130** Luft aufweist oder ein Vakuum ist, kann die Tiefe der Region **130** abhängig von einer Entwurfsauswahl klein oder groß sein.

[0038] Die Datenschicht **140** kann eines oder mehrere ferromagnetische Materialien aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel umfassen ferromagnetische Materialien, die für die Datenschicht **140** geeignet sind, ohne Einschränkung NiFe, NiFeCo, CoFe, CrO₂, Fe₃O₄, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb und CoFeB) und weitere Materialien.

[0039] Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Abstandsschicht **150** eine Tunnelbarrierschicht (z. B. wenn die Speicherzelle **170** eine TMR-Speicherzelle ist). Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Abstandsschicht **150** aus SiO₂, SiN_x, MgO, Al₂O₃, AlN_x, TaO_x und/oder weiteren isolierenden Materialien hergestellt sein.

[0040] Bei einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Abstandsschicht **150** eine nichtmagnetische leitende Schicht (z. B. wenn die Speicherzelle **170** eine GMR-Speicherzelle ist). Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Abstandsschicht **150** aus Cu, Au, Ag und/oder weiteren nichtmagnetischen leitenden Materialien hergestellt sein.

[0041] Die Referenzschicht **160** kann eine einzelne Schicht eines Materials oder mehrere Schichten von Materialien aufweisen. Die Referenzschicht **160** kann z. B. eines oder mehrere ferromagnetische Materialien aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel umfassen ferromagnetische Materialien, die für die Referenzschicht **160** geeignet sind, NiFe, NiFeCo, CoFe, CrO₂, Fe₃O₄, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb und CoFeB) und weitere Materialien.

[0042] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen Speicherstruktur **100** ist unten im Abschnitt IV beschrieben.

B. Eine exemplarische Draufsicht eines exemplarischen Arrays der ersten thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur

[0043] Fig. 1B stellt eine Draufsicht eines exempla-

rischen Arrays der thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur **100** aus **Fig. 1A** dar. Jede exemplarische Speicherstruktur **100** umfaßt eine Speicherzelle **170** (die eine Datenschicht **140** (in der Ansicht verdeckt), eine Abstandsschicht **150** (in der Ansicht verdeckt) und eine Referenzschicht **160** umfaßt), eine Wärmewiderstandsregion **130** (die Luft, ein Vakuum, einen Isolator oder eine Kombination derselben aufweisen kann), einen ersten Leiter **120** (in der Ansicht verdeckt), der durch die Umhüllung **110** umhüllt ist, entlang einer ersten Achse, und einen zweiten Leiter **180** entlang einer weiteren Achse orthogonal zu der Achse des ersten Leiters **120**. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung (nicht gezeigt) kann die Umhüllung **110** durch die Abstandsschicht **150** bedeckt sein und ist dann in der Ansicht verdeckt.

III. Eine zweite exemplarische thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur

A. Ein exemplarischer Aufriß der zweiten exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur

[0044] **Fig. 2A** stellt einen Aufriß einer weiteren exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur **200** dar. Zur Erleichterung einer Erklärung ist nur die oben festgesteckte Konfiguration in **Fig. 2A** gezeigt und nur auf diese wird in der Beschreibung verschiedener exemplarischer Ausführungsbeispiele hierin Bezug genommen. Diese Konfiguration ist jedoch lediglich darstellend. So würde ein Fachmann ohne weiteres erkennen, daß weitere Konfigurationen (z. B. unten festgesteckt, usw.) ebenso unter Verwendung der hierin offenbarten exemplarischen Verfahren gemäß einer bestimmten Entwurfsanforderung implementiert werden können.

[0045] Die Speicherstruktur **200** umfaßt eine Umhüllung **110**, einen ersten Leiter **120**, eine Wärmewiderstandsregion **130**, eine isolierende Schicht **210**, einen zweiten Leiter **180**, eine Datenschicht **140**, eine Abstandsschicht **150** und eine Referenzschicht **160**. Zur Erleichterung einer Erklärung kann die Kombination der Datenschicht **140**, der Abstandsschicht **150** und der Referenzschicht **160** als eine Speicherzelle **170** bezeichnet werden.

[0046] Bei dieser exemplarischen Implementierung ist eine zusätzliche Wärmeisolation durch die isolierende Schicht **210** vorgesehen, wenn kein elektrischer Kontakt zwischen der Speicherzelle **170** und dem ersten Leiter **120** benötigt wird. Ein Fachmann wird erkennen, daß die Speicherstrukturkonfiguration, wie sie in **Fig. 2A** dargestellt ist, lediglich darstellend ist. Zusätzliche Leiter können z. B. nahe der magnetischen Speicherstruktur **200** implementiert sein. Bei einer derartigen exemplarischen Implementierung kann ein zusätzlicher Schreibleiter (nicht ge-

zeigt) orthogonal zu dem ersten Leiter **120** auf der Referenzschicht **160** hinzugefügt werden. Dieser zusätzliche Schreibleiter kann auch thermisch von der Speicherzelle **170** durch eine weitere Wärmewiderstandsregion (nicht gezeigt) isoliert sein und kann im wesentlichen durch eine weitere Umhüllung (nicht gezeigt) umgeben sein, wobei die Umhüllung den elektrischen Kontakt zu der Speicherzelle **170** liefert. Diese Implementierung kann man sich durch ein Vorstellen einer umgedrehten Struktur von **110**, **120** und **130**, wie in **Fig. 2A** gezeigt ist, auf der Speicherzelle **170** verdeutlichen.

[0047] Bei der exemplarischen in **Fig. 2A** dargestellten Konfiguration sind der erste Leiter **120** und der zweite Leiter **180** orthogonal zueinander. Diese Leiter **120**, **180** in Kombination mit zusätzlichen Leitern (nicht gezeigt) können kollektiv für sowohl Schreib- als auch Leseoperationen verwendet werden. Bei einer exemplarischen Implementierung kann der zweite Leiter **180** auch als eine Wärmeleitung verwendet werden, um während einer Schreiboperation Wärme an eine ausgewählte Speicherzelle oder Mehrzahl von Speicherzellen zu liefern.

[0048] Weitere Konfigurationen, z. B. Konfigurationen, die weitere Strukturen zum Bereitstellen von Wärme an magnetische Speicherzellen während Schreiboperationen aufweisen, können gemäß einer Entwurfsauswahl implementiert werden. Ferner sind Konfigurationen, die zusätzliche Schichten aufweisen, im Stand der Technik ebenso bekannt. Zur Erleichterung einer Erklärung sind diese zusätzlichen Schichten in den Figuren nicht gezeigt; magnetische Speicherstrukturen jedoch, die eine oder mehrere zusätzliche Schichten aufweisen, können mit verschiedenen hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen gemäß einer bestimmten Entwurfsauswahl implementiert werden.

[0049] Der erste und der zweite Leiter **120**, **180** können aus Cu, Al, AlCu, Ta, W, Au, Ag, Legierungen eines oder mehrerer der obigen und/oder einem oder mehreren weiteren leitfähigen Materialien und Legierungen hergestellt sein. Der erste und der zweite Leiter **120**, **180** können aus dem gleichen Material oder unterschiedlichen Materialien hergestellt sein. Bei einer exemplarischen Implementierung ist der zweite Leiter **180** dünner (oder bildet anderweitig eine kleinere Wärmesenke) als der erste Leiter **120**; so resultiert eine geringere Wärmedissipation aus einem Kontakt mit dem zweiten Leiter **180**. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung ist der zweite Leiter **180** unter Umständen nicht dünner als der erste Leiter **120**, kann jedoch eines oder mehrere Materialien aufweisen, die einen geringeren Wärmeleitwert als das oder die Materialien des ersten Leiters **120** aufweisen; so resultiert eine geringere Wärmedissipation aus einem Kontakt mit dem zweiten Leiter **180**. Selbst so können die verschiedenen hier-

in erläuterten Wärmeisolationsausführungsbeispiele abhängig von einer Entwurfsauswahl trotzdem auf den zweiten Leiter **180** oder wiederum andere Leiter nahe der Speicherzelle **170** angewendet werden.

[0050] Die Umhüllung **110** kann eines oder mehrere Materialien aufweisen, die konfiguriert sind, um einen geringen Wärmeleitwert und elektrischen Kontakt zwischen der Speicherzelle **170** und dem ersten Leiter **120** bereitzustellen. Ein geringer Wärmeleitwert kann durch ein Reduzieren der Querschnittsfläche des Abschnitts der Umhüllung **110** erzielt werden, der elektrisch den Leiter **120** und die Speicherzelle **170** verbindet. Eine Auswahl eines oder mehrerer Materialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit für die Umhüllung **110** kann auch den Wärmeleitwert reduzieren. Die Umhüllung **110** kann z. B. amorphe Metalle, dotierte Halbleiter und/oder ferromagnetische Materialien oder Legierungen aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel könnten ferromagnetische Materialien, die für die Umhüllung **110** geeignet sind, ohne Einschränkung NiFe, NiFeCo, CoFe, CrO₂, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb und CoFeB) und weitere Materialien umfassen.

[0051] Bei einer exemplarischen Implementierung kann die Umhüllung **110** (wenn sie z. B. aus einem oder mehreren ferromagnetischen Materialien hergestellt ist) als eine Flußpfad wirken. Dies bedeutet, daß die Umhüllung **110** die Magnetfelder erfassen kann, die durch Ströme erzeugt werden, die durch den ersten Leiter **120** laufen, wodurch die Effizienz von Schreibströmen verbessert wird, indem Ströme gesenkt werden, die zur Erzeugung der erwünschten Umschaltmagnetfelder benötigt werden. Wenn die Umhüllung **110** als ein Flußpfad wirkt, sollte dieselbe ausreichend dick sein, um während Schreiboperationen nicht in Sättigung zu gehen.

[0052] Die Wärmewiderstandsregion **130** kann einen oder mehrere Isolatoren, Luft oder ein Vakuum enthalten. Die Wärmewiderstandsregion **130** liefert im allgemeinen einen Wärmewiderstandspfad zwischen dem ersten Leiter **120** und der Speicherzelle **170**. Als ein Ergebnis wird, wenn Wärmeenergie während einer Schreiboperation an die Speicherzelle **170** geliefert wird (z. B. durch einen Spannungspuls, der an die ausgewählte Speicherzelle geliefert wird), Wärmeenergie innerhalb des Speicherzellvolumens behalten und sie erhöht die Temperatur der Speicherzelle, anstatt vorzeitig durch den ersten Leiter **120** dissipiert zu werden. Ein Erhöhen der Temperatur der Speicherzelle und insbesondere der Datenschicht **140** innerhalb der Speicherzelle reduziert die Koerzitivität der Datenschicht, wodurch ein Schreiben von Daten in die Speicherzelle erleichtert wird. Die Wärmewiderstandsregion **130** sollte so breit wie möglich sein, um den Wärmeleitfähigkeitspfad zwischen dem ersten Leiter **120** und der Speicherzelle **170** zu mini-

mieren. Bei einer exemplarischen Implementierung, bei der die Wärmewiderstandsregion **130** einen Isolator aufweist, sollte die Tiefe der Region **130** ausreichend groß sein, um eine Wärmekommunikation zwischen dem ersten Leiter **120** und der Speicherzelle **170** zu reduzieren. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung, bei der die Wärmewiderstandsregion **130** Luft aufweist oder ein Vakuum ist, kann die Tiefe der Region **130** abhängig von einer Entwurfsauswahl klein oder groß sein.

[0053] Die isolierende Schicht **210** liefert eine zusätzliche Wärmeisolation der Speicherzelle **170** von dem ersten Leiter **120** und der Umhüllung **110**. Die isolierende Schicht **210** kann aus SiO₂, SiN_x, MgO, Al₂O₃, AlN_x, TaO_x und/oder weiteren isolierenden Materialien hergestellt sein.

[0054] Eine stärker verallgemeinerte Version der spezifischen hier gezeigten Konfiguration würde zwei oder mehr Isolatoren zwischen zumindest einem der Leiter **120**, **180** und der Speicherzelle **170** umfassen.

[0055] Die Datenschicht **140** kann eines oder mehrere ferromagnetische Materialien aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel umfassen ferromagnetische Materialien, die für die Datenschicht **140** geeignet sind, ohne Einschränkung NiFe, NiFeCo, CoFe, CrO₂, Fe₃O₄, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb und CoFeB) und weitere Materialien.

[0056] Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Abstandsschicht **150** eine Tunnelbarrierschicht (z. B. wenn die Speicherzelle **170** eine TMR-Speicherzelle ist). Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Abstandsschicht **150** aus SiO₂, SiN_x, MgO, Al₂O₃, AlN_x, TaO_x und/oder weiteren isolierenden Materialien hergestellt sein.

[0057] Bei einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Abstandsschicht **150** eine nichtmagnetische leitende Schicht (z. B. wenn die Speicherzelle **170** eine GMR-Speicherzelle ist). Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Abstandsschicht **150** aus Cu, Au, Ag und/oder weiteren nichtmagnetischen leitenden Materialien hergestellt sein.

[0058] Die Referenzschicht **160** kann eine einzelne Schicht eines Materials oder mehrere Schichten von Materialien aufweisen. Die Referenzschicht **160** kann z. B. eines oder mehrere ferromagnetische Materialien aufweisen. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel umfassen ferromagnetische Materialien, die für die Referenzschicht **160** geeignet sind, NiFe, NiFeCo, CoFe, CrO₂, Fe₃O₄, amorphe ferromagnetische Legierungen (z. B. CoZrNb und CoFeB) und weitere Materialien.

[0059] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstel-

len der exemplarischen Speicherstruktur **200** ist unten im Abschnitt IV beschrieben.

B. Eine exemplarische Draufsicht eines exemplarischen Arrays der zweiten thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur

[0060] Fig. 2B stellt eine Draufsicht eines exemplarischen Arrays der thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur **200** aus Fig. 2A dar. Insbesondere sind Speicherstrukturen **200**, wie in Fig. 2B dargestellt, von einem anderen Gesichtspunkt darstellend für das oben beschriebene exemplarische Ausführungsbeispiel. Jede exemplarische Speicherstruktur **200** umfaßt eine Speicherzelle **170** (die eine Datenschicht **140** (in der Ansicht verdeckt), eine Abstandsschicht **150** (in der Ansicht verdeckt) und eine Referenzschicht **160** umfaßt), eine Wärmewiderstandsregion **130** (die Luft, ein Vakuum, einen Isolator oder eine Kombination derselben aufweisen kann), einen ersten Leiter **120** (in der Ansicht verdeckt), der durch die Umhüllung **110** umhüllt ist, entlang einer ersten Achse, und einen zweiten Leiter **180** entlang einer weiteren Achse orthogonal zu der Achse des ersten Leiters **120**. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung (nicht gezeigt) kann die Umhüllung **110** durch die Abstandsschicht **150** bedeckt sein und ist dann in der Ansicht verdeckt.

IV. Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 1A

[0061] Die Fig. 3A – Fig. 3K stellen ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 1A dar.

[0062] Die Fig. 3A – Fig. 3D stellen ein exemplarisches Damaszener-Verfahren, das in der Technik bekannt ist, dar.

[0063] In Fig. 3A ist ein Graben in einem dielektrischen Material **300** z. B. durch ein Trocken- oder Naßätzen, das in der Technik bekannt ist, geätzt.

[0064] In Fig. 3B ist eine Schicht eines Umhüllungsmaterials **110** in dem Graben gemäß in der Technik bekannten Verfahren gebildet. Das Umhüllungsmaterial **110** kann z. B. unter Verwendung von Elektroplattieren, Zerstäuben oder eines weiteren geeigneten Aufbringungsverfahrens gebildet sein. Bei einer exemplarischen Implementierung wird die Schicht des Umhüllungsmaterials **110** später geätzt, um die Umhüllung **110** aus Fig. 1A zu bilden.

[0065] In Fig. 3C ist eine Schicht eines leitenden Materials **120** auf dem Umhüllungsmaterial **110** gemäß in der Technik bekannten Verfahren gebildet. Das leitende Material **120** kann z. B. unter Verwen-

dung von Elektroplattieren, Zerstäuben oder eines weiteren geeigneten Aufbringungsverfahrens gebildet sein. Bei einer exemplarischen Implementierung wird das leitende Material **120** später geätzt, um den ersten Leiter **120** aus Fig. 1A zu bilden.

[0066] In Fig. 3D sind das leitende Material **120** und das Umhüllungsmaterial **110** durch ein Planarisierungsverfahren, wie z. B. eine chemisch-mechanische Planarisierung (CMP), planarisiert, um den ersten Leiter **120** bzw. die Umhüllung **110** aus Fig. 1A zu bilden.

[0067] In Fig. 3E ist ein oberer Abschnitt des ersten Leiters **120** geätzt, um einen Graben zu bilden, der durch die Umhüllung **110** umgeben wird. Bei einer exemplarischen Implementierung ist der erste Leiter **120** durch Ionenätzen und/oder weitere in der Technik bekannte Techniken geätzt.

[0068] In Fig. 3F ist eine Opferschicht **310** auf der Struktur gebildet, die den in dem vorherigen Schritt erzeugten Graben füllt. Exemplarische Materialien für die Opferschicht **310** umfassen ohne Einschränkung eines oder mehrere eines Polymers, Metalls, Oxids, usw. Die Opferschicht **310** sollte derart ausgewählt werden, daß sie in einem späteren Schritt (unten beschrieben) entfernt werden kann, ohne materiell weitere Schichten in der exemplarischen magnetischen Speicherstruktur zu beeinflussen. Bei einer exemplarischen Implementierung ist die Opferschicht **310** durch Aufbringungs- und/oder weitere in der Technik bekannte Verfahren gebildet.

[0069] In Fig. 3G ist die Opferschicht **310** durch einen Planarisierungsprozeß, wie z. B. eine chemisch-mechanische Planarisierung (CMP), planarisiert, so daß zumindest ein Abschnitt der Umhüllung **110** frei liegt.

[0070] In Fig. 3H sind eine Datenschicht **140**, eine Abstandsschicht **150** und eine Referenzschicht **160** auf der Umhüllung **110** und der verbleibenden Opferschicht **310** gebildet. Diese Daten-, Abstands- und Referenzschicht können durch Aufbringungs- und/oder weitere in der Technik bekannte Techniken gebildet sein (z. B. über Zerstäuben, Verdampfung, chemische Aufdampfung, Atomarschichtaufbringung (ALD) und/oder weitere bekannte Techniken).

[0071] In Fig. 3I sind die Datenschicht **140**, Abstandsschicht **150** und Referenzschicht **160** durch Strukturierungsprozesse, die in der Technik bekannt sind, strukturiert, um die Speicherzelle **170** zu bilden. Bei einer exemplarischen Implementierung stellt die Speicherzelle **170** einen elektrischen Kontakt zu zumindest einem Abschnitt der Umhüllung **110** her, jedoch nicht dem ersten Leiter **120**, da die verbleibende Opferschicht **310** die Speicherzelle **170** von dem ersten Leiter **120** trennt. Ein Fachmann wird erken-

nen, daß die Speicherzelle **170**, wie diese gezeigt ist, lediglich darstellend ist. Weitere Konfigurationen können ebenso mit verschiedenen hierin beschriebenen exemplarischen Ausführungsbeispielen gemäß einer Entwurfsauswahl implementiert werden. Zum Beispiel können eine oder mehrere Schichten der Speicherzelle **170** kleiner oder größer und/oder dicker oder dünner gemacht sein, eine oder mehrere Schichten der Speicherzelle **170** können eine unterschiedliche Form in Bezug aufeinander aufweisen, die Speicherzelle **170** kann einen Kontakt mit nur einem Teil der freiliegenden Umhüllung **110** herstellen, die Speicherzelle **170** kann zusätzliche Schichten aufweisen, die Speicherzelle **170** kann unten festgesteckt sein, usw.

[0072] In Fig. 3J ist die verbleibende Opferschicht **310** unter der Speicherzelle **170** und oberhalb des ersten Leiters **120** entfernt, um eine Wärmewiderstandsregion **130** zu bilden. Bei einer exemplarischen Implementierung kann die verbleibende Opferschicht **310** durch Ätz- (entweder Naßätz- oder Trockenätz-) Techniken, die in der Technik bekannt sind, entfernt sein. Zum Beispiel kann bei einem Einsatz von Naßätzen eine chemische Substanz verwendet werden, die vorzugsweise die verbleibende Opferschicht **310** ätzt, jedoch materiell keine weiteren Schichten in der exemplarischen magnetischen Speicherstruktur ätzt. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung ist, wenn die Opferschicht **310** eines oder mehrere isolierende Materialien aufweist, ein Teil der oder die gesamte verbleibende Opferschicht **310** unter Umständen nicht entfernt, wie in Fig. 3I gezeigt ist.

[0073] In Fig. 3K ist ein zweiter Leiter **180** auf der Speicherzelle **170** durch Aufbringungs- und Strukturierungstechniken gebildet, die in der Technik bekannt sind.

[0074] In der exemplarischen magnetischen Speicherstruktur, die in Fig. 3K gezeigt ist, ist die Speicherzelle **170** thermisch von dem ersten Leiter **120** durch die Wärmewiderstandsregion **130** isoliert. Als ein Ergebnis ist, wenn die Speicherzelle **170** erwärmt wird (z. B. durch einen Spannungspuls, der durch eine Heizerleitung geliefert wird, wie z. B. den zweiten Leiter **180**), kann die Speicherzelle **170** eine höhere Temperatur erreichen als dann, wenn die Speicherzelle **170** einen relativ größeren thermischen Kontakt zu dem ersten Leiter **120** herstellen würde. Ein elektrischer Kontakt zwischen der Speicherzelle **170** und dem ersten Leiter **120** wird durch die Umhüllung **110** bereitgestellt, die nur eine kleine Oberflächenfläche der Speicherzelle **170** kontaktiert, um eine Wärmedissipation zu minimieren. Zusätzlich kann die Umhüllung **110** als ein Flußpfad wirken, um Magnetfelder, die durch Ströme erzeugt werden, die durch den ersten Leiter **110** laufen, zu erfassen, wodurch der erforderliche Umschaltstrom zum Be-

schreiben der Speicherzelle **170** reduziert wird.

[0075] Die oben dargestellten Herstellungsschritte sind lediglich beispielhaft. Fachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, daß weitere Herstellungsschritte gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung verwendet werden können. Die verschiedenen in den Fig. 3A – Fig. 3K dargestellten Schichten können z. B. gemäß anderen Herstellungssequenzen gebildet werden (z. B. kann die Referenzschicht **160** zuerst in einer unten festgesteckten Speicherstruktur gebildet werden, die verbleibende Opferschicht **310** unter der Speicherzelle **170** kann entfernt werden, nachdem der zweite Leiter **180** gebildet ist, usw.), eine oder mehrere Schichten können gleichzeitig gebildet werden, eine oder mehrere Schichten aus unterschiedlichen Materialien können kombiniert werden, um eine einzelne Schicht zu bilden (z. B. eine Datenschicht), zusätzliche Schichten (z. B. zusätzliche Leiter) können nahe der Speicherzelle **170** gebildet werden, usw. Ein Fachmann wird ebenso erkennen, daß die verschiedenen Wärmeisolationsausführungsbeispiele, die hierin erläutert sind, abhängig von einer Entwurfsauswahl auf andere Leiter nahe der Speicherzelle **170**, wie z. B. den zweiten Leiter **180**, angewendet werden können.

[0076] Ferner ist die oben dargestellte TMR-Speicherzelle lediglich beispielhaft. Fachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, daß weitere Typen von Speicherzellen (z. B. GMR-Speicherzellen, usw.) gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung aufgebaut werden können. Die Abstandsschicht **150** kann z. B. eine nichtmagnetische leitende Schicht zum Aufbauen einer GMR-Speicherzelle sein.

V. Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 2A

[0077] Die Fig. 4A – Fig. 4I stellen ein exemplarisches Verfahren zum Fertigen der exemplarischen thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur aus Fig. 2A dar.

[0078] Die Fig. 4A – Fig. 4G stellen ein exemplarisches Verfahren dar, ähnlich der Beschreibung, die im Abschnitt VI oben für die Fig. 3A – Fig. 3G erfolgte.

[0079] In Fig. 4H ist eine Isolierschicht **210** durch eine Aufbringungs- und/oder weitere in der Technik bekannte Techniken gebildet. Bei einer exemplarischen Implementierung weist die isolierende Schicht ein dielektrisches Material auf.

[0080] In Fig. 4I ist die isolierende Schicht **210** optional durch in der Technik bekannte Strukturierungsprozesse strukturiert. Bei einer exemplarischen Imp-

lementierung bedeckt die strukturierte isolierende Schicht **210** die verbleibende Opferschicht **410** und zumindest einen Abschnitt der Umhüllung **110**. Die isolierende Schicht **210** muß nicht durch ein separates Strukturierungsverfahren, wie in Fig. 4J gezeigt ist, strukturiert werden. Die isolierende Schicht **210** kann z. B. gleichzeitig mit dem zweiten Leiter **180** strukturiert werden (siehe Fig. 4J) und/oder dann, wenn eine oder mehrere weitere Schichten (nicht gezeigt) in der Speicherstruktur **200** strukturiert werden. Ferner muß die isolierende Schicht **210** nicht mit den gleichen Abmessungen wie die Speicherzelle **170** strukturiert sein. Die isolierende Schicht **210** kann z. B. breiter als die Speicherzelle **170** sein. Bei einer exemplarischen Implementierung, bei der die Widerstandsregion **130** ein isolierendes Material aufweist, kann die isolierende Schicht **210** unstrukturiert bleiben. In Fig. 4J ist ein zweiter Leiter **180** auf der strukturierten isolierenden Schicht **210** durch in der Technik bekannte Aufbringungs- und Strukturierungstechniken gebildet.

[0081] In Fig. 4K ist eine Speicherzelle **170**, die eine Datenschicht **140**, eine Abstandsschicht **150** und eine Referenzschicht **160** aufweist, auf dem zweiten Leiter **180** gebildet. Diese Schichten können durch in der Technik bekannte Aufbringungs- und/oder weitere Techniken gebildet sein (z. B. über Zerstäuben, Verdampfung, chemische Aufdampfung, Atomarschichtaufbringung (ALD) und/oder weitere bekannte Techniken) und durch in der Technik bekannte Strukturierungsprozesse strukturiert sein. Bei einer exemplarischen Implementierung stellt die Speicherzelle **170** einen elektrischen Kontakt zu dem zweiten Leiter **180** her. Ein Fachmann wird erkennen, daß die Speicherzelle **170**, wie diese gezeigt ist, lediglich darstellend ist. Weitere Konfigurationen können ebenso mit verschiedenen exemplarischen hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen gemäß einer Entwurfsauswahl implementiert werden. Eine oder mehrere Schichten der Speicherzelle **170** z. B. können kleiner oder größer und/oder dicker oder dünner gemacht sein, eine oder mehrere Schichten der Speicherzelle **170** können eine unterschiedliche Form in Bezug aufeinander aufweisen, die Speicherzelle **170** kann zusätzliche Schichten aufweisen, die Speicherzelle **170** kann unten festgesteckt sein, usw.

[0082] In Fig. 4L ist die verbleibende Opferschicht **410** unter der strukturierten Isolierungsschicht **210** und oberhalb des ersten Leiters **120** entfernt, um eine Widerstandsregion **130** zu bilden. Bei einer exemplarischen Implementierung kann die Opferschicht **410** durch Ätz- (entweder Naßätz- oder Trockenätz-) Techniken, die in der Technik bekannt sind, entfernt werden. Wenn z. B. ein Naßätzen eingesetzt wird, kann eine chemische Substanz verwendet werden, die vorzugsweise die verbleibende Opferschicht **410**ätzt, jedoch materiell weitere Schichten in der exemplarischen magnetischen Speicherstruktur nicht

ätzt. Bei einer weiteren exemplarischen Implementierung wird, wenn die Opferschicht **410** eines oder mehrere isolierende Materialien aufweist, ein Teil der oder die gesamte verbleibende Opferschicht **410** unter Umständen nicht entfernt.

[0083] In der exemplarischen in Fig. 4L gezeigten magnetischen Speicherstruktur ist die Speicherzelle **170** thermisch und elektrisch von dem ersten Leiter **120** durch die isolierende Schicht **210** und die Widerstandsregion **130** isoliert. Als ein Ergebnis kann, wenn die Speicherzelle **170** erwärmt wird (z. B. durch einen Spannungspuls, der durch eine Heizerleitung geliefert wird), die Speicherzelle **170** eine höhere Temperatur erreichen.

[0084] In der exemplarischen in Fig. 4L gezeigten Implementierung stellt die Speicherzelle **170** keinen elektrischen Kontakt zu dem ersten Leiter **120** her. So können andere Leiter (nicht gezeigt) nahe der Speicherzelle **170** implementiert werden, um eine Selektivität während Lese-/Schreiboperationen bereitzustellen. Ein Fachmann wird ebenso erkennen, daß die verschiedenen Wärmeisolationsausführungsbeispiele, die hierin erläutert sind, abhängig von einer Entwurfsauswahl auf andere Leiter nahe der Speicherzelle **170**, wie z. B. den zweiten Leiter **180**, angewendet werden können.

[0085] Die oben dargestellten Fertigungsschritte sind lediglich beispielhaft. Fachleute werden erkennen, daß weitere Herstellungsschritte gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung verwendet werden können. Die verschiedenen Schichten z. B., wie sie in den Fig. 4A – Fig. 4L dargestellt sind, können gemäß weiteren Fertigungssequenzen gebildet werden (z. B. kann die Referenzschicht **160** zuerst in einer unten festgesteckten Speicherstruktur gebildet sein, die verbleibende Opferschicht **410** unter der Speicherzelle **170** kann entfernt werden, bevor der zweite Leiter **180** gebildet wird, usw.), eine oder mehrere Schichten können gleichzeitig gebildet werden, eine oder mehrere Schichten aus unterschiedlichen Materialien können kombiniert werden, um eine einzelne Schicht (z. B. eine Datenschicht) zu bilden, zusätzliche Schichten (z. B. zusätzliche Leiter) können nahe der Speicherzelle **170** gebildet sein, usw.

[0086] Ferner ist die oben dargestellte TMR-Speicherzelle lediglich beispielhaft. Fachleute werden erkennen, daß weitere Typen von Speicherzellen (z. B. GMR-Speicherzellen, usw.) gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung aufgebaut sein können. Die Abstandsschicht **150** kann z. B. eine nichtmagnetische leitende Schicht zum Aufbauen einer GMR-Speicherzelle sein.

VI. Ein exemplarisches Verfahren zum Erzeugen einer Wärmewiderstandsregion

[0087] Ein Fachmann wird erkennen, daß die Wärmewiderstandsregion 130, die in den Fig. 1A und Fig. 2A gezeigt ist, auch durch andere Prozesse als diejenigen erzeugt werden kann, die oben in den Abschnitten IV und V beschrieben sind. Die Fig. 5A – Fig. 5C z. B. stellen ein weiteres exemplarisches Verfahren zum Erzeugen einer Wärmewiderstandsregion dar. Insbesondere stellen die Fig. 5A – Fig. 5C ein Verfahren zum Erzeugen einer Wärmewiderstandsregion dar, die zumindest teilweise Luft oder ein Vakuum aufweist.

[0088] In Fig. 5A ist ein Graben in einem Substrat 500 durch Ätzen und/oder weitere in der Technik bekannte Techniken gebildet.

[0089] In Fig. 5B ist eine Aufbringungstechnik mit hohem Einfallswinkel, die in der Technik bekannt ist, implementiert, um eine Schicht eines Materials 510, wie z. B. eines dielektrischen Materials, aufzubringen, die vorzugsweise die Seitenwände des Grabens bedeckt. Der Einfallswinkel ist der Winkel zwischen den eingehenden Atomen und der Substratnormalen. Schließlich kann sich das aufgebrachte Material 510, das sich an gegenüberliegenden Seitenwänden bildet, treffen, was eine eingekapselte Wärmewiderstandsregion 520 unterhalb des aufgebrachten Materials 510 erzeugt.

[0090] In Fig. 5C ist das aufgebrachte Material 510 durch in der Technik bekannte Techniken planarisiert.

[0091] Die oben dargestellten Herstellungsschritte sind lediglich beispielhaft. Fachleute werden erkennen, daß weitere Herstellungsschritte gemäß den Anforderungen einer bestimmten Implementierung verwendet werden können.

VII. Schlußfolgerung

[0092] Die verschiedenen hierin erläuterten Wärmeisolationsausführungsbeispiele sind nicht auf magnetische Speicherstrukturen eingeschränkt. Diese Ausführungsbeispiele können z. B. abhängig von einer Entwurfsauswahl auf einen oder mehrere Leiter in einer nichtmagnetischen Speicherstruktur, einschließlich einer Phasenänderungs-Speicherstruktur oder weiterer Speicherstrukturen, angewendet werden.

[0093] Die vorangegangenen Beispiele stellen bestimmte exemplarische Ausführungsbeispiele dar, wobei weitere Ausführungsbeispiele, Variationen und Modifizierungen derselben für Fachleute auf diesem Gebiet ersichtlich sein werden. Die Erfindungen sollten deshalb nicht auf die oben erläuterten bestimmten Ausführungsbeispiele eingeschränkt sein, son-

dern werden vielmehr durch die Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Eine thermisch gestützte magnetische Speicherstruktur mit folgenden Merkmalen:
einem ersten Leiter (120), der im wesentlichen durch eine Umhüllung (110) umgeben ist;
einer Speicherzelle (170), die thermisch von dem ersten Leiter durch eine Wärmewiderstandsregion (130) isoliert ist; und
einem zweiten Leiter (180), der die Speicherzelle elektrisch kontaktiert.

2. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 1, bei der die Wärmewiderstandsregion (130) Luft aufweist.

3. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 1, bei der die Wärmewiderstandsregion (130) ein Vakuum bildet.

4. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 1, bei der die Wärmewiderstandsregion (130) einen Isolator aufweist.

5. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der sich die Wärmewiderstandsregion (130) zwischen dem ersten Leiter (120) und der Umhüllung (110) befindet.

6. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Speicherzelle (170) zumindest einen Abschnitt der Umhüllung (110) berührt.

7. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Umhüllung (110) ein Material aufweist, das eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist.

8. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Umhüllung (110) eine amorphe Metallegierung aufweist.

9. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Umhüllung (110) ein ferromagnetisches Material aufweist.

10. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 9, bei der die Umhüllung (110) als ein Magnetflußpfad für Magnetfelder wirkt, die durch einen Strom erzeugt werden, der in dem ersten Leiter (120) fließt.

11. Magnetische Speicherstruktur gemäß Anspruch 10, bei der die Umhüllungsbreite ausgewählt ist, um ein erwünschtes Gleichgewicht zwischen (1) einer Nichtsättigung während Schreiboperationen und (2) einer minimalen Wärmedissipation zu erzielen.

len.

12. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der die Umhüllung (110) im wesentlichen drei Seiten des ersten Leiters (120) umgibt.

13. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die Speicherzelle (170) eine ferromagnetische Datenschicht, eine Abstandsschicht (150) und eine ferromagnetische Referenzschicht aufweist.

14. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der der zweite Leiter (180) als eine Heizerleitung wirkt, um Wärme an die Speicherzelle (170) zu liefern.

15. Magnetische Speicherstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der der zweite Leiter (180) eine kleinere Wärmesenke als der erste Leiter (120) ist.

16. Verfahren zum Herstellen einer thermisch gestützten magnetischen Speicherstruktur, mit folgenden Schritten:
Bilden eines ersten Leiters (120), der im wesentlichen durch eine Umhüllung (110) umgeben ist;
Bilden eines zweiten Leiters (180); und
Bilden einer Speicherzelle (170), wobei die Speicherzelle:
den zweiten Leiter (180) elektrisch kontaktiert; und
thermisch durch eine Wärmewiderstandsregion (130) von dem ersten Leiter (120) isoliert ist.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, bei dem die Umhüllung (110) ein Material aufweist, das eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist.

18. Verfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, bei dem die Umhüllung (110) im wesentlichen drei Seiten des ersten Leiters (120) umgibt.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, das ferner folgende Schritte aufweist:
Bilden einer Opferschicht oberhalb des ersten Leiters (120) und der Umhüllung (110);
Planarisieren der Opferschicht, bis ein Abschnitt der Umhüllung (110) freiliegt;
Bilden einer zusätzlichen Schicht in der magnetischen Speicherstruktur oberhalb der Opferschicht; und
Entfernen zumindest eines Abschnitts der Opferschicht.

20. Verfahren gemäß Anspruch 19, bei dem die Opferschicht ein Material aufweist, das eine unterschiedliche Ätzselektivität als zumindest eine weitere Schicht in der magnetischen Speicherstruktur aufweist.

21. Verfahren gemäß Anspruch 19 oder 20, bei dem die Opferschicht ein Polymer aufweist.

22. Verfahren gemäß Anspruch 19 oder 20, bei dem die Opferschicht ein Metall aufweist.

23. Verfahren gemäß Anspruch 19 oder 20, bei dem die Opferschicht ein Oxid aufweist.

24. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 23, das ferner folgende Schritte aufweist:
Aufbringen eines Materials auf zumindest zwei Seitenwänden der Umhüllung (110), bis sich ein Abschnitt des Materials an den Seitenwänden trifft und eine Wärmewiderstandsregion (130) unterhalb des Materials eingekapselt ist; und
Planarisieren des Materials, bis ein Abschnitt der Umhüllung (110) freiliegt.

25. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem das Aufbringen ein Implementieren einer Aufbringungstechnik mit großem Einfallswinkel aufweist.

26. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 25, bei dem die Speicherzelle zumindest einen Abschnitt der Umhüllung (110) berührt.

27. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 26, das ferner folgenden Schritt aufweist:
Bilden einer isolierenden Schicht zwischen der Wärmewiderstandsregion (130) und dem zweiten Leiter (180).

28. Nichtflüchtiges Speicherarray, das eine Mehrzahl thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen aufweist, wobei jede der magnetischen Speicherstrukturen durch ein Verfahren hergestellt ist, das folgende Schritte aufweist:
Bilden eines ersten Leiters (120), der im wesentlichen durch eine Umhüllung (110) umgeben ist;
Bilden eines zweiten Leiters (180); und
Bilden einer Speicherzelle (170), wobei die Speicherzelle:
den zweiten Leiter (180) elektrisch kontaktiert; und
von dem ersten Leiter (120) durch eine Wärmewiderstandsregion (130) thermisch isoliert ist.

29. Computerprodukt, das einen Mikroprozessor aufweist, der schnittstellenmäßig mit einem Array thermisch gestützter magnetischer Speicherstrukturen verbunden ist, wobei jede der thermisch gestützten magnetischen Speicherstrukturen folgende Merkmale aufweist:
einen ersten Leiter (120), der im wesentlichen durch eine Umhüllung (110) umgeben ist;
eine Speicherzelle (170), die thermisch durch eine Wärmewiderstandsregion (130) von dem ersten Leiter (120) isoliert ist; und
einen zweiten Leiter (180), der die Speicherzelle

(170) elektrisch kontaktiert.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

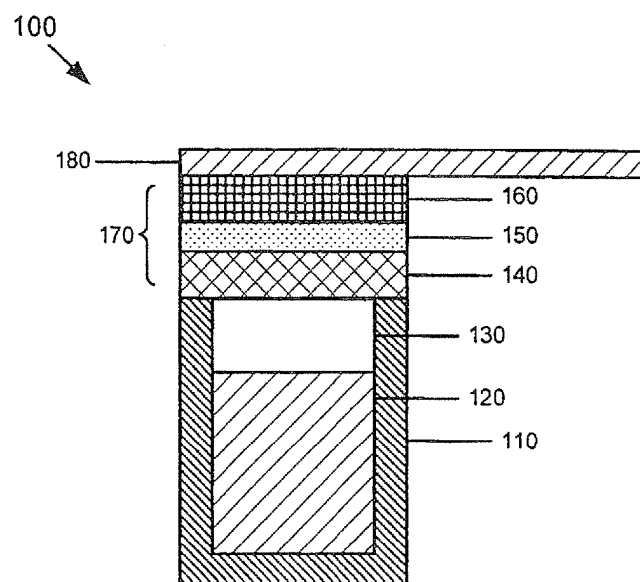


FIG. 1A

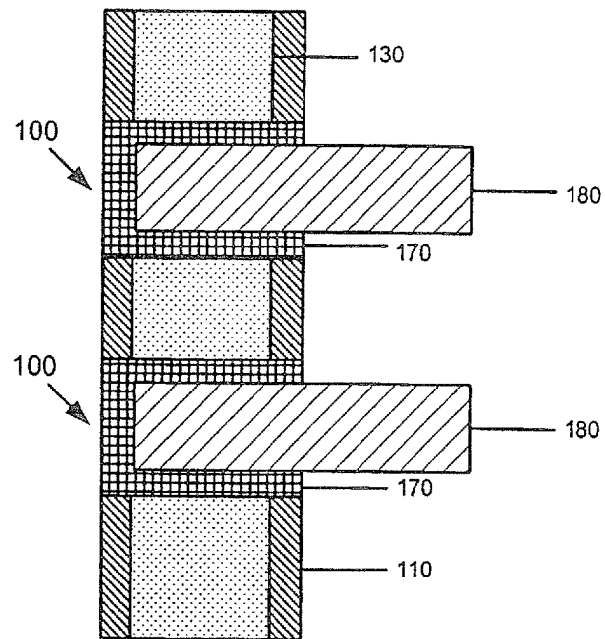


FIG. 1B

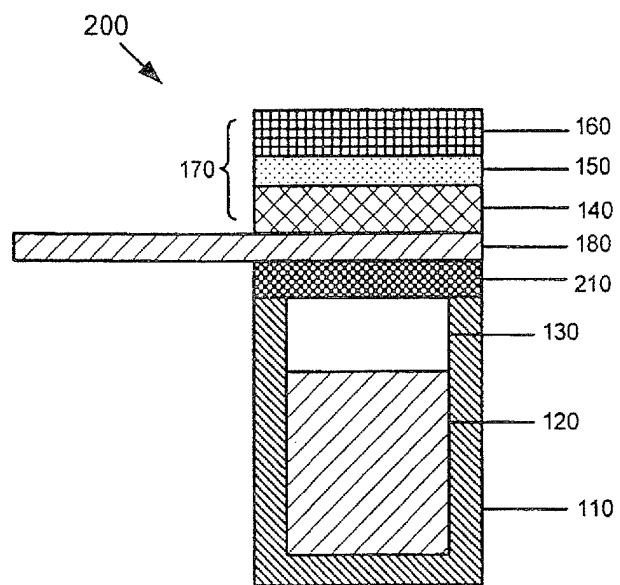


FIG. 2A

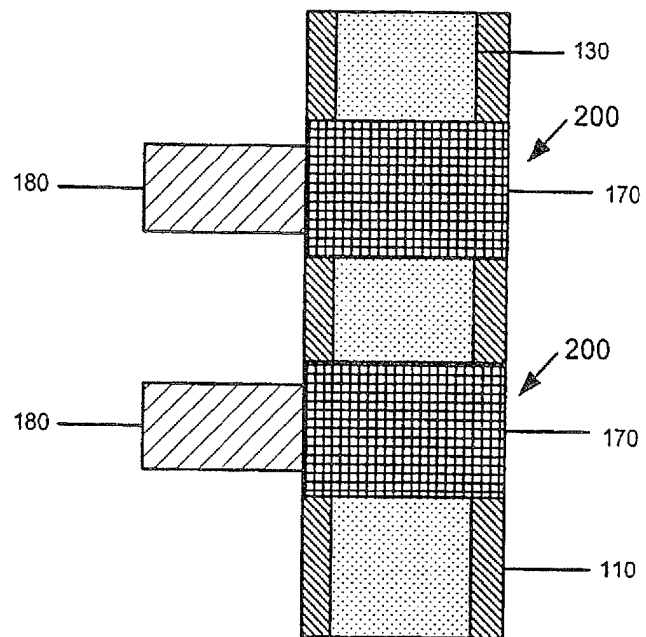


FIG. 2B

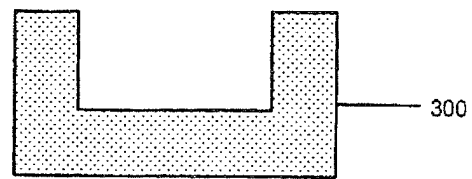


FIG. 3A

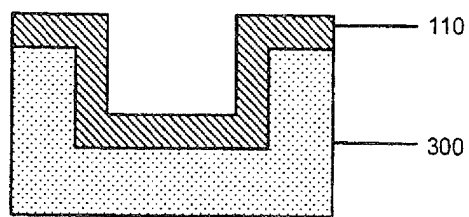


FIG. 3B

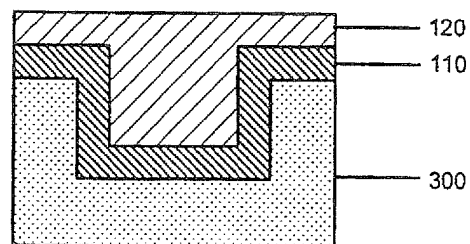


FIG. 3C

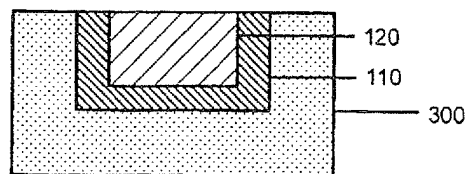


FIG. 3D

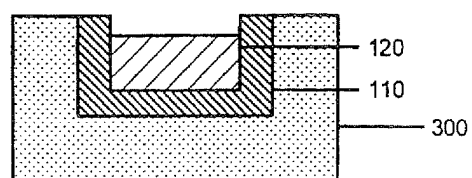


FIG. 3E

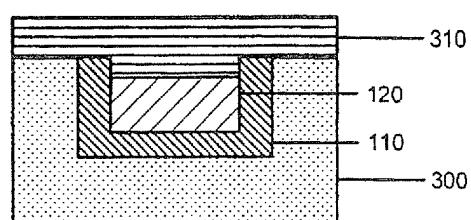


FIG. 3F

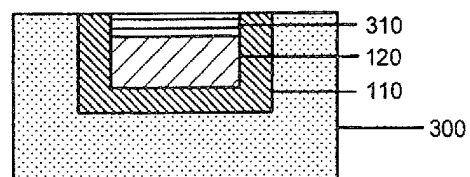


FIG. 3G

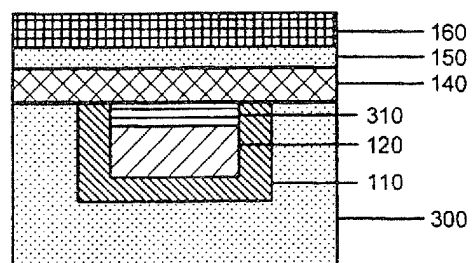


FIG. 3H

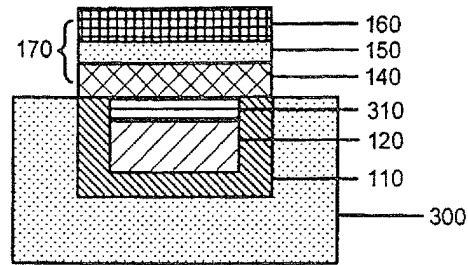


FIG. 3I

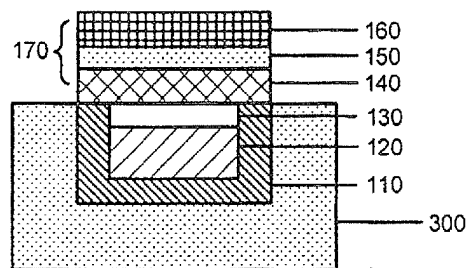


FIG. 3J

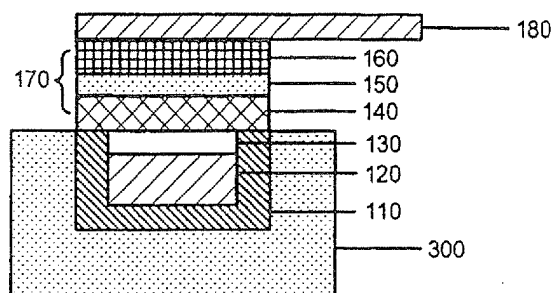


FIG. 3K

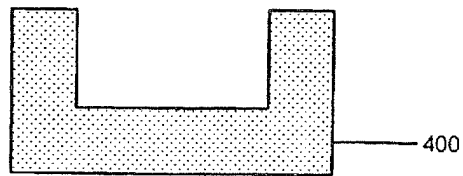


FIG. 4A

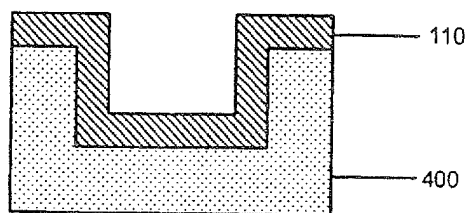


FIG. 4B

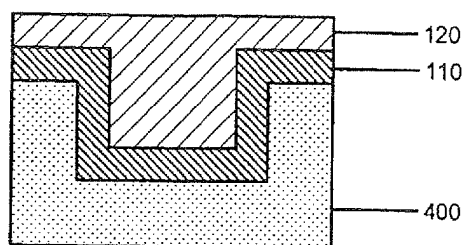


FIG. 4C

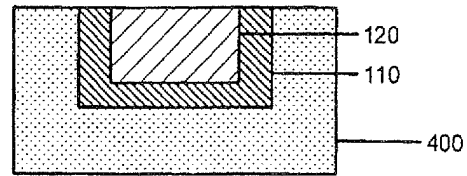


FIG. 4D

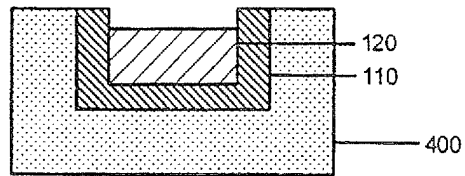


FIG. 4E

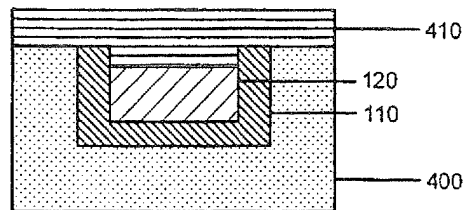


FIG. 4F

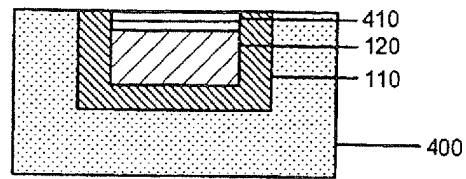


FIG. 4G

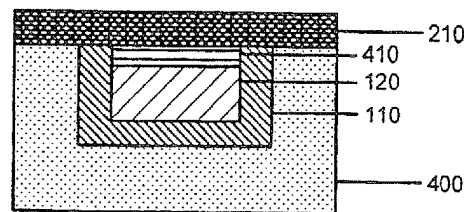


FIG. 4H

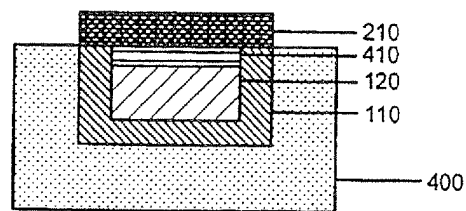


FIG. 4I

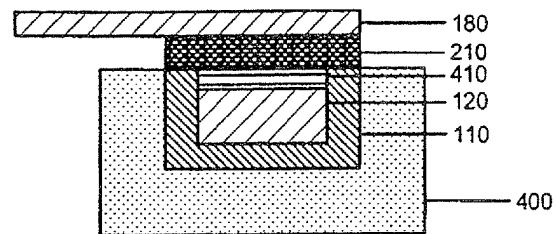


FIG. 4J

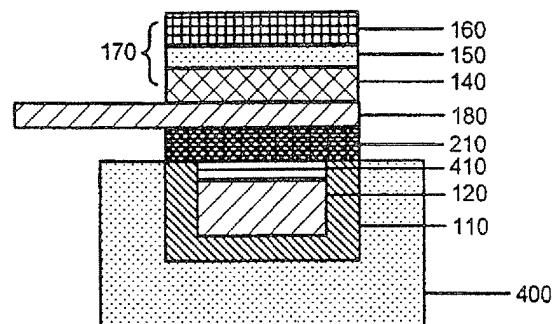


FIG. 4K

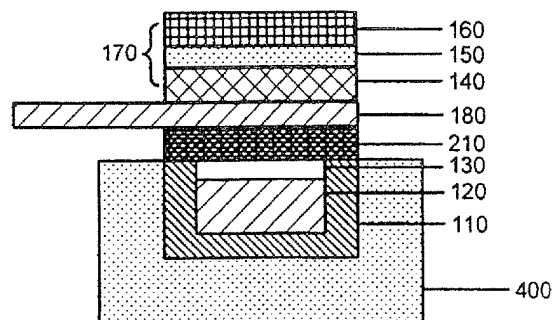


FIG. 4L

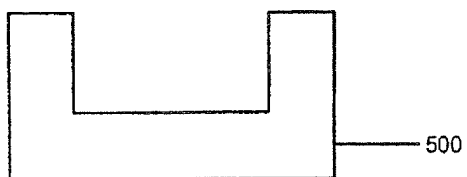


FIG. 5A

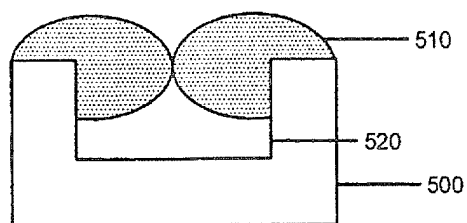


FIG. 5B

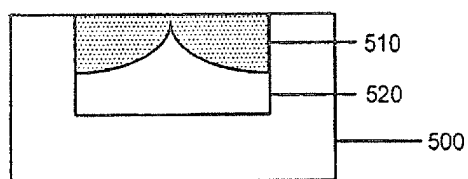


FIG. 5C